

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-066565

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

Int.Cl.

G03H 1/04

G03H 1/08

G03H 1/16

G03H 1/22

(1)Application number : 10-231857

(2)Date of filing : 18.08.1998

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(72)Inventor : KONO KATSUNORI

ISHIBE MITSUHIRO

ISHII TSUTOMU

NIITSU TAKEHIRO

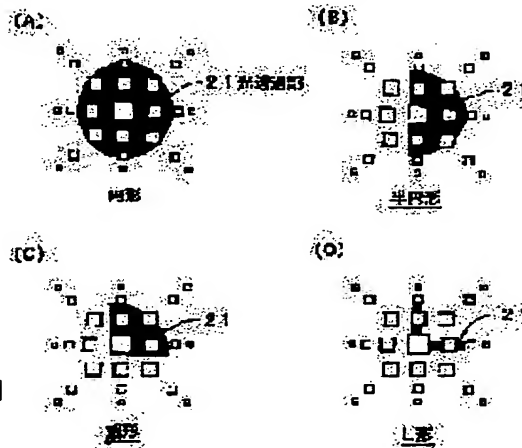
BABA KAZUO

(3) OPTICAL RECORDING METHOD AND OPTICAL RECORDED

(4) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to sufficiently limit the spread of signal light and reference light and to sufficiently miniaturize recording regions without the occurrence of missing of a and a read error at the time of reproduction in correspondence to two-dimensional digital data in the case of recording the binary two-dimensional digital data in an optical recording medium as holograms.

SOLUTION: This optical recording method consists of executing Fourier transform of the signal light of the binary two-dimensional digital data by a lens. A light shielding body having a light transparent part 21 of circular, semicircular, sectorial or L shape which allows only the components from zero order to n-th ($N=1, 2$, or 3) order of the Fourier transform image of the signal light to transmit, is arranged in front of the optical recording medium. The signal light and reference light after the Fourier transform are transmitted through this light transparent part 21 and the optical recording medium is irradiated with this light, by which the Fourier transform hologram is recorded in the optical recording medium.



(5) FINAL STATUS

(6) Date of request for examination]

06.12.2002

(7) Date of sending the examiner's decision of rejection]

(8) Date of final disposal of application other than the

(9) Date of examiner's decision of rejection or application converted

(10) Date of final disposal for application]

(11) Patent number]

(12) Date of registration]

(13) Number of appeal against examiner's decision of

OTICES *

an Patent Office is not responsible for any
ages caused by the use of this translation.

is document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

the drawings, any words are not translated.

AIMS

im(s)]

im 1] The optical recording approach which be make to penetrate the predetermined configuration corresponding to Fourier transform image of said signal light which formed the light after carry out the Fourier transform of the signal t of a binary two-dimensional digital data image with a lens , and a reference beam in some protection from light cts arrange ahead of an optical recording medium , and the light transmission section of magnitude , irradiate said cal recording medium , and record a predetermined configuration and the hologram of magnitude into said optical rding medium .

im 2] Said light transmission section is the optical recording approach characterized by considering as the figuration and magnitude which are made to penetrate only the Fourier transform component as which breadth zeta a zero-order light of the Fourier transform image of said signal light is specified by $0 \leq \text{zeta} \leq n \cdot \lambda / d$ in the cal recording approach of claim 1. However, f is [the wavelength of said signal light and d of the focal distance of lens and lambda] die length of one side of 1 bit data of said signal light, and n is 1, 2, or 3.

im 3] The optical recording approach characterized by setting n to 2 in the optical recording approach of claim 2.

im 4] The optical recording approach characterized by making said light transmission section circular in one optical rding approach of claims 1-3.

im 5] The optical recording approach characterized by making said light transmission section into a hemisphere in optical recording approach of claims 1-3.

im 6] The optical recording approach characterized by making said light transmission section into a sector in one cal recording approach of claims 1-3.

im 7] The optical recording approach characterized by using said light transmission section as L form in one optical rding approach of claims 1-3.

im 8] The light from said light source is modulated according to the light source which emits coherent light, and ury two-dimensional digital data. The space optical modulator which obtains the signal light which holds a two- ensional digital data image by the wave front, The lens which carries out the Fourier transform of said signal light, the reference beam optical system which obtains a reference beam from the light from said light source, Optical rding equipment equipped with the protection-from-light object which the predetermined configuration esponding to the Fourier transform image of said signal light and the light transmission section of magnitude are ned [object] in a part, and it is arranged [object] ahead of an optical recording medium, makes the light smission section penetrate, and makes the signal light and said reference beam after said Fourier transform irradiate . optical recording medium.

im 9] Said light transmission section is optical recording equipment characterized by being the configuration and gnitude which are made to penetrate only the Fourier transform component as which breadth zeta from zero-order t of the Fourier transform image of said signal light is specified by $0 \leq \text{zeta} \leq n \cdot \lambda / d$ in the optical recording ipment of claim 8. However, f is [the wavelength of said signal light and d of the focal distance of said lens and bda] die length of one side of 1 bit data of said signal light, and n is 1, 2, or 3.

im 10] Optical recording equipment characterized by n being 2 in the optical recording equipment of claim 9.

im 11] Optical recording equipment characterized by said light transmission section being circular in one optical rding equipment of claims 8-10.

im 12] Optical recording equipment characterized by said light transmission section being a hemisphere in one cal recording equipment of claims 8-10.

im 13] Optical recording equipment characterized by said light transmission section being a sector in one optical rding equipment of claims 8-10.

im 14] Optical recording equipment characterized by said light transmission section being L form in one optical

://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web CGI-ejje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.jpo.go.jp%2FToku... 3/30/2004

ording approach of claims 8-10.

anslation done.]

OTICES *

an Patent Office is not responsible for any
ages caused by the use of this translation.

his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
*** shows the word which can not be translated.
the drawings, any words are not translated.

TAILED DESCRIPTION

ailed Description of the Invention]

01]
ld of the Invention] This invention relates to the optical recording approach and optical recording equipment which
rd binary two-dimensional digital data as a hologram into an optical recording medium.

02]
scription of the Prior Art] The hologram memory which combines the large capacity nature originating in a three-
ension-record section and the rapidity originating in a two-dimensional package play back system as next-generation
puter filing memory attracts attention. In a hologram memory, in the same volume, multiplex can be carried out,
two or more data pages can be recorded, and data can be collectively read for every page. Record playback of
tal data also becomes possible by carrying out digital imaging of not an analog image but the binary digital data "0,
is "*** and dark", and carrying out record playback as a hologram. Recently, evaluation of the concrete optical system
his digital hologram memory system, S/N based on a volume multiplex recording method, or a bit error rate or the
posal about a two dimensional modulation is made, and the research from more nearly optical viewpoints, such as
ct of the aberration of optical system, is also progressing.

03] The shift multiplex recording method which was shown in reference "D. Psaltis, M. Levene, A. Pu, G. Barbastathis
K Curtis; OPTICS LETTERS Vol. 20, No. 7 (1995) p782" at drawing 8 and which is an example of a volume
multiplex recording method is shown.

04] By the shift multiplex recording method, while using a spherical wave as the signal light 31 and a reference
m 32 which irradiates the hologram record medium 35 at coincidence, the hologram record medium 35 is made into
sk configuration, and overwrite of two or more holograms is carried out to the same field by rotation of a disk 35.
example, if a beam diameter is set to 1.5mmphi, another hologram to the almost same field can be recorded only by
ving the dozens of micrometers disk 35, without producing a cross talk. Since a reference beam 32 is a spherical
e, this uses becoming that the include angle of a reference beam 32 changed with migration of a disk 35, and
ivalence.

05] The migration length delta of this spherical-surface reference wave shift multiplex record, i.e., the distance
ch can separate a mutual hologram independently, is shown also in the above-mentioned reference. $\Delta_{\text{spherical}}$
 $\Delta_{\text{Bragg}} + \Delta_{\text{NA}} = \left(\frac{\lambda_0}{L \sin \theta} + \frac{\lambda_0}{2 \text{NA}} \right) - (1)$
come out and expressed. Here, the distance of the objective lens and record medium with which lambda forms the
elength of signal light and λ_0 forms a spherical-surface reference wave, and L are [the crossed axes angle of signal
it and a spherical-surface reference wave and NA of the thickness of a record medium and theta] the numerical
rture of the above-mentioned objective lens.

06] From this formula (1), shift-amount delta can become small, can increase a multiplicity, and can increase storage
acity, so that the thickness L of a record medium is large. Furthermore, what is necessary is just to micrify a record
tion, in order to aim at increase of storage capacity more effectively by the shift multiplex recording method. By
rying out multiplex record, volume multiplex record of high density is more realizable for a minute field.

07] For the above-mentioned purpose, with a lens, the Fourier transform of the signal light is carried out, and it is
diated with a hologram memory system at a record medium. By this, when the image of signal light has a fine pitch
gh spatial frequency), signal light carries out furan FOFA diffraction in respect of a record medium, and breadth zeta
he diffraction figure is $\zeta = \frac{\lambda_0}{\omega f}$. -- (2)

come out and expressed. Here, for k, a proportionality constant and lambda of the wavelength of signal light and f
[the focal distance of the lens for the Fourier transform and omega x] the spatial frequency of signal light.

08] Therefore, if a focal distance f uses a small thing as a lens for the Fourier transform, micrifying of a record

ion is possible. this -- for example, "holography" (Institute of Electronics and Communication Engineers) -- it is also in Chapter 7.

9] Furthermore, micrifying of a record section is possible also by allotting an aperture ahead of a record medium. For example, the unnecessary breadth of signal light and a reference beam is restricted, and attaining micrifying of a record section is shown to JP,55-41480,A by arranging the aperture board 39 which has the circular aperture 38 such that the transmission of light increases gently ahead of a record medium as are shown in drawing 9 and it goes to a

10] Problem(s) to be Solved by the Invention] However, a record section cannot fully be micrified like above-mentioned JP,55-41480,A only by a circular aperture restricting the unnecessary breadth of signal light and a reference beam. It is necessary to restrict the breadth of signal light and a reference beam, and to micrify a record section, without [when recording binary two-dimensional digital data as a hologram into an optical recording medium especially, in order to increase of storage capacity, without it produces lack of data corresponding to two-dimensional digital data, and] during at the time of playback and producing an error.

11] Then, without producing the reading error at the time of lack of data, or playback corresponding to two-dimensional digital data, when recording binary two-dimensional digital data as a hologram into an optical recording medium, this invention can fully restrict the breadth of signal light and a reference beam, and enables it to fully micrify a record section.

12] Means for Solving the Problem] By the optical recording approach of this invention, the predetermined configuration corresponding to the Fourier transform image of said signal light which formed the light after carry out the Fourier transform of the signal light of a binary two-dimensional digital data image with a lens, and a reference beam in some section from light objects arrange ahead of an optical recording medium, and the light transmission section of magnitude be make to penetrate, said optical recording medium be irradiate, and a predetermined configuration and the program of magnitude be record into said optical recording medium.

13] Action] By the optical recording approach of this invention by the above-mentioned approach, the signal light and reference beam after the Fourier transform penetrate the predetermined configuration corresponding to the Fourier transform image of signal light, and the light transmission section of magnitude, and are irradiated by the optical recording medium. Therefore, without producing the reading error at the time of lack of data, or playback corresponding to two-dimensional digital data, the breadth of signal light and a reference beam can fully be restricted, and a record section can fully be micrified.

14] Embodiment of the Invention] Let the data page recorded as a hologram be an image like drawing 1. When the white part in drawing expresses data "1" and a black part expresses data "0", binary two-dimensional digital data is recordable every page. In this case, the magnitude of 1 pixel of $d \times d$ corresponds to 1 bit data.

15] a hologram when recording such a data image as a hologram, in order to raise recording density -- shift in -- in order to give a variant property, the Fourier transform figure of a data image is recorded with a lens. Since this is proportional to the Fourier transform of the amplitude distribution of a data image as shown in drawing 1, it is called Fourier transform hologram. The Fourier transform image of the data image of drawing 1 is shown in drawing 2. It is asked for this from the above-mentioned formula (2).

16] In order to record digital data on high density, it is required that an area of 1 pixel of a data image as shown in drawing 1 should be made small, namely, the value of d should be made small, and more bit data should be stuffed in 1 pixel. In addition to record of high density, high-speed record playback is realizable with this.

17] However, if an area of 1 pixel is made small, the Fourier transform image of the data image of signal light will lead on an optical recording medium according to a formula (2). This will be because the spatial frequency ω is proportional to $1/d$ becomes large, if the data image of signal light becomes fine (i.e., if the value of d becomes small). The breadth of this Fourier transform image serves as hindrance of high density record.

18] As an approach of avoiding this, the approach of making wavelength λ of signal light small or the approach of forming the Fourier transform image of signal light using a lens with a short focal distance f can be considered. However, even if it makes a Fourier transform image small by shortening wavelength λ of the light or shortening the focal distance f of a lens, since a Fourier transform image has the breadth of infinity in the focal plane, it is not theoretically enough for micrifying of a record section.

19] So, in this invention, when recording a data image as shown in drawing 1 as a hologram, only a necessary

imum Fourier transform component is taken out and recorded on data playback of a Fourier transform image as shown in drawing 2 by the light transmission section formed in some protection-from-light objects.

20] If the breadth of the direction of a x axis of the Fourier transform image shown in drawing 2 corresponds to the spatial frequency ω_x of the direction of a x axis of the data image shown in drawing 1 and it sees about the direction of a x axis, the Fourier transform image has spread in the symmetry in the plus direction and the minus direction focusing on zero-order light ($\omega_x=0$). The same is said of the direction of the y-axis. Thus, although spatial frequency has the value of plus and minus, in order to reproduce the data image of signal light, there should just be one sign components. A record section can be made small by taking out and recording only the plus component which shows, for example, contains zero-order light by the light transmission section.

21] Furthermore, since many spatial-frequency components originating in the pixel pitch of signal light are included, Fourier transform image of signal light is reproducible without an error of signal light, even if it cuts harmonic content. If this is explained and the value with which the spatial frequency of image data was suitably normalized from start will be taken, since the furan FOFA diffraction figure shown in drawing 2 will turn into the Fourier transform image of signal light itself, k of a formula (2) is set to 1, and breadth ζ of a furan FOFA diffraction figure is $\zeta = \lambda / \omega_x$. -- (3)

come out and expressed.

22] If a concrete numerical example is substituted and the trial calculation of breadth ζ of a diffraction figure is taken, the case of 25 (it corresponds to the pixel which is $40\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$)/mm, as for breadth ζ of a diffraction figure, 500nm and a focal distance f will be set to 10cm, spatial frequency ω_x will be set to 1.25mm, for example, and if wavelength λ doubles a plus component and a minus component, it will be set to 2.5mm. Furthermore, as shown in drawing 2, a diffraction figure is 1.25mm in spacing, and serves as discontinuity and a periodic pattern.

23] As mentioned above, for the light transmission section of a protection-from-light object, at the desirable operation gestalt of the optical recording approach of this invention, breadth ζ from zero-order light of the Fourier transform image of signal light is $0 \leq \zeta \leq n\lambda/d$. -- (4)

considers as the configuration and magnitude which make only the Fourier transform component come out of and micrified penetrate. However, n is 1, 2, or 3.

24] That is, with the desirable operation gestalt of the optical recording approach of this invention, it is zero-order [the Fourier transform image of signal light], and the 1st order, or only the component from [from zero-order to the 1st order] zero-order to the 3rd order is taken out and recorded by the light transmission section of a protection-from-light object. Only the component from zero-order [of a Fourier transform image] to the 2nd order is more desirably taken out and recorded by the light transmission section as $n=2$.

25] Although a record section can be most micrified if only the zero-order component of a Fourier transform image is recorded, lack of data is produced and it becomes impossible to read the data image of signal light then. In order not to produce lack of data, it is necessary to record zero-order and the primary component as there are few Fourier transform images.

26] On the contrary, although the data image of signal light can be read by high S/N if it records to the 4th high order component [5th] of a Fourier transform image, then, a record section cannot fully be micrified and storage capacity cannot fully be increased. In practice, if it records to the primary component of a Fourier transform image, a reading error will hardly be produced at the time of playback. Furthermore, if it records to the secondary component [3rd], the data image of signal light can be read by S/N high enough.

27] Therefore, a record section can fully be micrified, without being zero-order [of the Fourier transform image of signal light], and the 1st order, or producing the reading error at the time of lack of data, or playback by taking out and recording only the component from [from zero-order to the 2nd order] zero-order to the 3rd order by the light transmission section. Both micrifying of a record section and high S/N-ization at the time of playback can be satisfied by taking out and recording only the component from zero-order [of a Fourier transform image] to the 2nd order by the light transmission section especially.

28] Drawing 3 (A) - (D) shows an example of the protection-from-light object used for the optical recording approach of this invention, respectively. This drawing (A) makes the light transmission section 21 of the protection-from-light object 20 circular [a radius a], and is the case where the primary component [secondary], a plus direction and the minus direction, is made to penetrate per the zero-order component and each shaft orientations of the Fourier transform image of signal light.

29] This drawing (B) is the case where make the light transmission section 21 into the hemisphere of a radius a , and the primary component [secondary] of a plus direction is made to penetrate [direction / of Fourier transform image / of

ial light / zero-order component and zero-order direction of the y-axis] about the other shaft orientations of a plus direction and the minus direction.

30] This drawing (C) makes the light transmission section 21 the sector (four hemicycles) of a radius a , and is the case where the primary component [secondary] of the direction of [between a plus direction, and an X-axis plus direction and a Y-axis plus direction] is made to penetrate, per each of the zero-order component, and the direction of a plus direction and the direction of the y-axis of the Fourier transform image of signal light.

31] The length of one side is a , width of face uses the light transmission section 21 as $a/3$ or less L form, and this drawing (D) is the case where the primary component [secondary] of a plus direction is made to penetrate, per each of the zero-order component, and the direction of a x axis and the direction of the y-axis of the Fourier transform image of signal light.

32] Drawing 4 shows 1 operation gestalt of the optical recording approach of this invention, and optical recording equipment. The protection-from-light object 20 mentioned above is arranged ahead of an optical recording medium 5. Coherent light from the light source 6 is divided into two light by the beam splitter 12, a shutter 15 is opened at the time of record, and with Lenses 10a and 10b, light which penetrated the beam splitter 12 is made into parallel light with the aperture, and carries out incidence to the space optical modulator 4.

33] By computer omitted by a diagram, a binary two-dimensional digital data image as shown in drawing 1 is played on the space optical modulator 4. According to the binary data of each pixel of a data image, intensity modulation of the light which passed the space optical modulator 4 is carried out by this, and it turns into the signal light which has the information on a data image as shown in drawing 1 by it.

34] The light transmission section in which the Fourier transform of this signal light 1 was carried out, and the protection-from-light object 20 mentioned it above with the lens 7 is made to penetrate, and an optical recording medium 5 is irradiated.

35] Reflect the light reflected in coincidence by the beam splitter 12 by mirrors 13 and 14 as a reference beam 2, the light transmission section of the protection-from-light object 20 is made to penetrate, and the field to which the signal light 1 after the Fourier transform of an optical recording medium 5 is irradiated is irradiated. The signal light 1 and the reference beam 2 after the Fourier transform interfere in an optical recording medium 5, and the Fourier transform hologram is recorded into an optical recording medium 5 by this.

36] At the time of read-out, a shutter 15 is closed, the signal light 1 is intercepted, the same light as the reference beam 2 used at the time of record is read, as a light, the light transmission section of the protection-from-light object 20 is made to penetrate, and the field to which the hologram of an optical recording medium 5 is recorded is irradiated. It is irradiated, and reads and light 2 is diffracted by the hologram.

37] The inverse Fourier transform of the diffracted light 3 is carried out with a lens 8, image formation is carried out on the photodetectors 9, such as CCD, and the image data of the signal light 1 is read.

38] [Example] By the approach mentioned above, record playback was actually tried. Although what kind of thing could be used as an optical recording medium 5 as long as the hologram was recordable, the polyester which is processed with the chemical formula shown in drawing 5 and which has a cyano azobenzene in a side chain was used. Record of a hologram, playback, and elimination are possible for this ingredient by the optical induction anisotropy (optical induced birefringence nature, optical induction dichroism) by photoisomerization of the cyano azobenzene of a side chain as indicated by Japanese Patent Application No. No. 32834 [ten to] at the detail.

39] The optical recording equipment shown in drawing 4 was used for record of a data image. 515nm of oscillation light of the Ar ion laser which has sensibility in the polyester which has a cyano azobenzene in the side chain as an optical recording medium 5 was used for the light source 6.

40] The magnitude of 1 pixel used the 640x480-pixel liquid crystal panel 1.3 mold for projectors for the space optical modulator 4 by 40micrometerx40micrometer. 1 pixel was made into 1 bit, and the chess board pattern shown in drawing 1 was created by computer, and was inputted into the space optical modulator 4. Therefore, the data image of signal light 1 will have a spatial-frequency component corresponding to the pitch of $d = 40$ micrometers.

41] As a lens 7 which carries out the Fourier transform of the signal light 1, the focal distance f used two kinds of lenses, 55mm and 100mm. This estimated the breadth of the Fourier transform image by the difference in the focal distance f of a lens 7.

42] As the light transmission section of the protection-from-light object 20, the radius a shown in drawing 3 (A) A circular thing (0.63mm and 1mm), One side a which the radius a which the radius a shown in this drawing (B) showed a hemicycle (0.7mm and 1.1mm) of a thing and this drawing (C) showed in sector (0.75mm and 1.25mm) of a thing and this drawing (D) used the thing of L form (1.4mm and 2.6mm).

43] By these light transmission sections, only the predetermined component of the Fourier transform image of the

al light 1 was taken out, and the Fourier transform hologram was recorded into the optical recording medium 5, ectively. At this time, a Fourier transform image and the light transmission section were taken as physical tionship as shown in drawing 6 (A) - (D). Conversely, white coating shows each component of a Fourier transform ge, and the light transmission sections 21 are indicated to be drawing 2 and drawing 3 by black painting.

14] It tried to read data from the hologram recorded as mentioned above with the optical reader shown in drawing 4 . nm of oscillation lines of the same Ar ion laser as the time of record was used for the light source 6. The shutter 15 closed, the signal light 1 was intercepted, the same light as a reference beam 2 was read, and the optical recording lium 5 was irradiated as a light.

15] consequently, when a thing with a focal distance of 100mm is used as a lens 7 Only the predetermined ponent of the Fourier transform image of the signal light 1 is taken out by each light transmission section of circular e circular radius a is 1mm], the hemicycle whose radius a is 1.1mm, the sector whose radius a is 1.25mm, and the L a whose one side a is 2.6mm. When a hologram was recorded, the same chess board pattern as the signal light 1 was dly reproduced as the diffracted light 3 at the time of reading.

16] moreover, when a thing with a focal distance of 55mm is used as a lens 7 Only the predetermined component of Fourier transform image of the signal light 1 is taken out by each light transmission section of circular [the circular us a is 0.63mm], the hemicycle whose radius a is 0.7mm, the sector whose radius a is 0.75mm, and the L form se one side a is 1.4mm. When a hologram was recorded, the same chess board pattern as the signal light 1 was dly reproduced as the diffracted light 3 at the time of reading.

17] These results are shown in drawing 7 . The axis of abscissa of this drawing shows the focal distance f of a lens 7, an axis of ordinate shows the radius (one side) a of the light transmission section. The shading part in drawing ws the field of the radius (one side) a of the light transmission section which makes only the component from zero- r [of the Fourier transform image of the signal light 1 to the focal distance f of a lens 7] to the 2nd order penetrate. ver, it is $d = 40$ micrometers in this case.

18] It turns out that a record section can fully be micrified, without producing lack of data, and the reading error at time of playback by taking out and recording only the component from zero-order [of the Fourier transform image ignal light] to [from this result] the 2nd order by the light transmission section.

19].
[effect of the Invention] Without producing the reading error at the time of lack of data, or playback corresponding to -dimensional digital data according to the optical recording approach of this invention, and optical recording ipment, when recording binary two-dimensional digital data as a hologram into an optical recording medium as tioned above, the breadth of signal light and a reference beam can fully be restricted, and a record section can fully micrified. Therefore, a mass digital hologram memory system is realizable by combining the optical recording roach of this invention with hologram multiplex recording methods, such as shift multiplex record, include-angle iplex record, and wavelength multiplexing record.

inslation done.]

OTICES *

an Patent Office is not responsible for any
ages caused by the use of this translation.

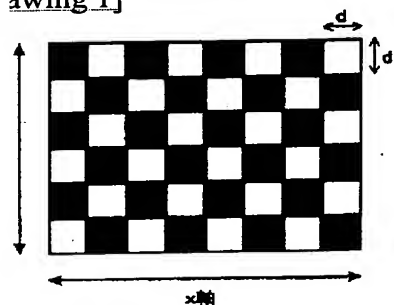
his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

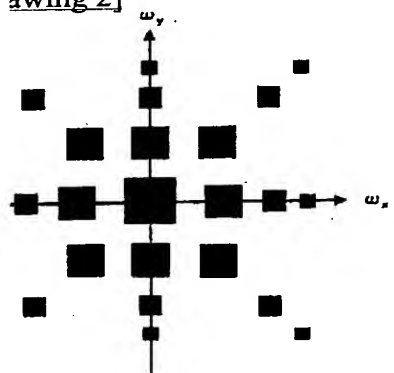
the drawings, any words are not translated.

AWINGS

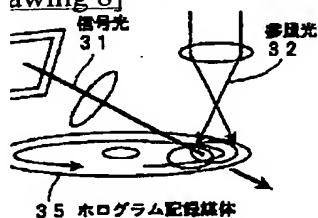
awing 1]



awing 2]



awing 8]



awing 3]

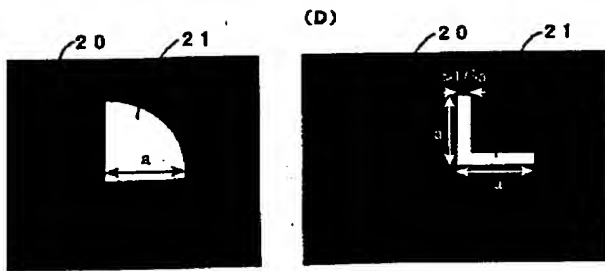
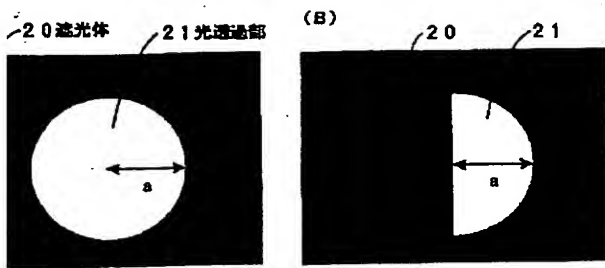


Figure 4]

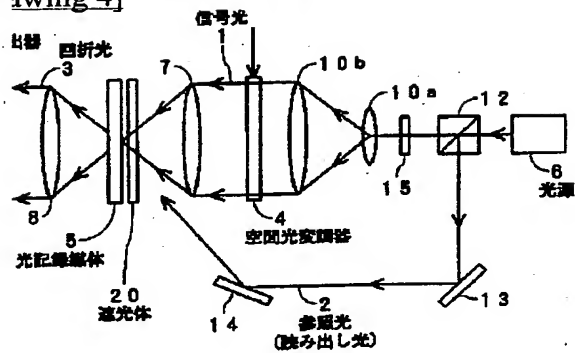


Figure 5]

無機にシアノアゾベンゼンを有するポリエステル

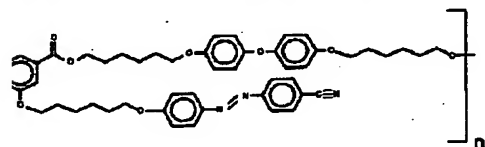
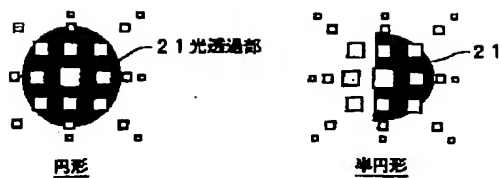


Figure 6]

(B)



(D)

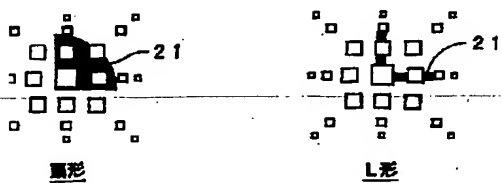


Figure 9]

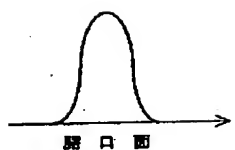
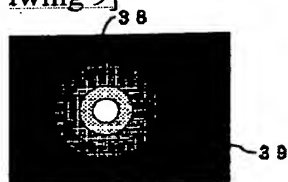
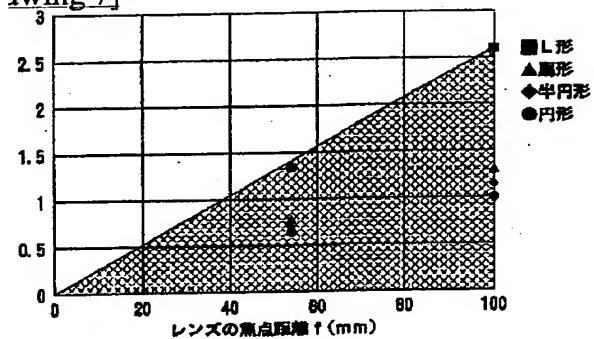


Figure 7]



translation done.]

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 3 H	1/04	G 0 3 H	2 K 0 0 8
	1/08		
	1/16		
	1/22		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-231857

(22) 出願日 平成10年8月18日(1998.8.18)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 河野 克典

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 石部 充弘

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100091546

弁理士 佐藤 正美

最終頁に続く

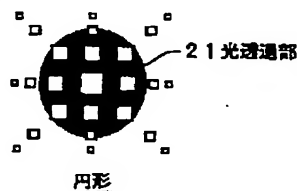
(54) 【発明の名称】 光記録方法および光記録装置

(57) 【要約】

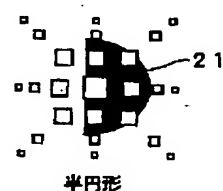
【課題】 二値の2次元デジタルデータを光記録媒体中にホログラムとして記録する場合に、2次元デジタルデータに対応して、データの欠落や再生時の読み取りエラーを生じることなく、信号光および参照光の広がりをも十分に制限でき、記録領域を十分に微小化できるようにする。

【解決手段】 二値の2次元デジタルデータ画像の信号光をレンズによってフーリエ変換する。光記録媒体の前方に、この信号光のフーリエ変換像の0次からn次($n=1, 2$ または3)までの成分のみを透過させる、円形、半円形、扇形またはL形の光透過部21を有する遮光体を配置する。フーリエ変換後の信号光および参照光を、この光透過部21を透過させて、光記録媒体に照射して、光記録媒体中にフーリエ変換ホログラムを記録する。

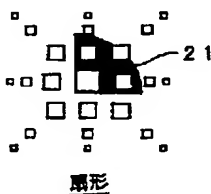
(A)



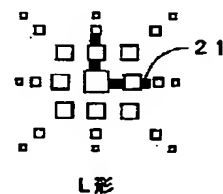
(B)



(C)



(D)



【特許請求の範囲】

【請求項1】二値の2次元デジタルデータ画像の信号光をレンズによってフーリエ変換した後の光と、参照光とを、光記録媒体の前方に配置した遮光体の一部に形成した、前記信号光のフーリエ変換像に対応した所定の形状および大きさの光透過部を透過させて、前記光記録媒体に照射して、前記光記録媒体中に所定の形状および大きさのホログラムを記録する光記録方法。

【請求項2】請求項1の光記録方法において、前記光透過部は、前記信号光のフーリエ変換像の、0次光からの広がりどが、

$$0 \leq \xi \leq n f \lambda / d$$

で規定されるフーリエ変換成分のみを透過させる形状および大きさとする特徴とする光記録方法。ただし、 f は前記レンズの焦点距離、 λ は前記信号光の波長、 d は前記信号光の1ビットデータの一边の長さであり、 n は1、2または3である。

【請求項3】請求項2の光記録方法において、 n を2とすることを特徴とする光記録方法。

【請求項4】請求項1～3のいずれかの光記録方法において、前記光透過部を円形とすることを特徴とする光記録方法。

【請求項5】請求項1～3のいずれかの光記録方法において、前記光透過部を半円形とすることを特徴とする光記録方法。

【請求項6】請求項1～3のいずれかの光記録方法において、前記光透過部を扇形とすることを特徴とする光記録方法。

【請求項7】請求項1～3のいずれかの光記録方法において、前記光透過部をL形とすることを特徴とする光記録方法。

【請求項8】コヒーレント光を発する光源と、二値の2次元デジタルデータに応じて前記光源からの光を変調して、その波面により2次元デジタルデータ画像を保持する信号光を得る空間光変調器と、前記信号光をフーリエ変換するレンズと、前記光源からの光から参照光を得る参照光光学系と、一部に前記信号光のフーリエ変換像に対応した所定の形状および大きさの光透過部が形成されて光記録媒体の前方に配置され、その光透過部を透過させて前記フーリエ変換後の信号光および前記参照光を前記光記録媒体に照射させる遮光体と、を備える光記録装置。

【請求項9】請求項8の光記録装置において、前記光透過部は、前記信号光のフーリエ変換像の、0次光からの広がりどが、

$$0 \leq \xi \leq n f \lambda / d$$

で規定されるフーリエ変換成分のみを透過させる形状および大きさであることを特徴とする光記録装置。ただし、 f は前記レンズの焦点距離、 λ は前記信号光の波長、 d は前記信号光の1ビットデータの一边の長さであり、 n は1、2または3である。

【請求項10】請求項9の光記録装置において、 n が2であることを特徴とする光記録装置。

【請求項11】請求項8～10のいずれかの光記録装置において、前記光透過部が円形であることを特徴とする光記録装置。

【請求項12】請求項8～10のいずれかの光記録装置において、前記光透過部が半円形であることを特徴とする光記録装置。

【請求項13】請求項8～10のいずれかの光記録装置において、前記光透過部が扇形であることを特徴とする光記録装置。

【請求項14】請求項8～10のいずれかの光記録方法において、前記光透過部がL形であることを特徴とする光記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、二値の2次元デジタルデータを光記録媒体中にホログラムとして記録する光記録方法および光記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】次世代のコンピュータファイルメモリとして、3次元記録領域に由来する大容量性と2次元一括記録再生方式に由来する高速性とを兼ね備えたホログラムメモリが注目されている。ホログラムメモリでは、同一体積内に多重させて複数のデータページを記録することができ、かつ各ページごとにデータを一括して読み出すことができる。アナログ画像ではなく、二値のデジタルデータ「0、1」を「明、暗」としてデジタル画像化し、ホログラムとして記録再生することによって、デジタルデータの記録再生も可能となる。最近では、このデジタルホログラムメモリシステムの具体的な光学系や、体積多重記録方式に基づくS/Nやビット誤り率の評価、または2次元符号化についての提案がなされ、光学系の収差の影響など、より光学的な観点からの研究も進展している。

【0003】図8に、文献「D. Psaltis, M. Levene, A. Pu, G. Barbastathis and K. Curtis; OPTICS LETTERS Vol. 20, No. 7 (1995) p782」に示された、体積多重記録方式の一例であるシフト

多重記録方式を示す。

【0004】シフト多重記録方式では、信号光31と同時にホログラム記録媒体35に照射する参照光32として球面波を用いるとともに、ホログラム記録媒体35をディスク形状とし、ディスク35の回転によって同じ領域に複数のホログラムを重ね書きする。例えば、ビーム径を1.5mmφとすると、ディスク35を数十μm移動させるだけで、ほぼ同じ領域に別のホログラムを、ク*

$$\delta_{\text{spherical}} = \delta_{\text{Bragg}} + \delta_{\text{NA}}$$

$$= (\lambda z_0 / L \tan \theta_s) + \lambda / 2 - (\text{NA}) \dots (1)$$

で表される。ここで、λは信号光の波長、z₀は球面参照波を形成する対物レンズと記録媒体との距離、Lは記録媒体の膜厚、θ_sは信号光と球面参照波の交差角、NAは上記対物レンズの開口数である。

【0006】この式(1)から、記録媒体の膜厚Lが大きいほど、シフト量δが小さくなって、多重度を増すことができ、記録容量を増大させることができる。さらに、シフト多重記録方式で、より効果的に記録容量の増大を図るには、記録領域を微小化すればよい。微小領域に多重記録することによって、より高密度の体積多重記

録を実現することができる。

【0007】上記の目的のために、ホログラムメモリスシステムでは、信号光をレンズによってフーリエ変換して記録媒体に照射する。これによって、信号光の画像が細かいピッチ(高い空間周波数)を有する場合、記録媒体面で信号光はフランフォーファ回折し、その回折像の広がりとは、

$$\xi = k \lambda f \omega_x \dots (2)$$

で表される。ここで、kは比例定数、λは信号光の波長、fはフーリエ変換用のレンズの焦点距離、ω_xは信号光の空間周波数である。

【0008】したがって、フーリエ変換用のレンズとして焦点距離fが小さいものを用いれば、記録領域の微小化が可能である。このことは、例えば、「ホログラフィ」(電子通信学会)第7章にも示されている。

【0009】さらに、記録媒体の前方にアパーチャーを配することによっても、記録領域の微小化が可能である。例えば、特開昭55-41480号には、図9に示すように、中心に向かうに従って光の透過率が緩やかに増加する円形アパーチャー38を有するアパーチャーボ

ード39を、記録媒体の前方に配置することによって、信号光および参照光の無用な広がりを制限し、記録領域の微小化を図ることが示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の特開昭55-41480号のように、単に円形アパーチャーによって信号光および参照光の無用な広がりを制限するだけでは、記録領域を十分に微小化することはできない。特に、二値の2次元デジタルデータを光記録媒体中にホログラムとして記録する場合に、記録容量の増大

*ロストークを生じることなく記録することができる。これは、参照光32が球面波であるため、ディスク35の移動によって参照光32の角度が変化したのと等価になることを利用したものである。

【0005】この球面参照波シフト多重記録の移動距離、すなわち互いのホログラムを独立に分離できる距離δは、上記文献にも示されているように、

を図るには、2次元デジタルデータに対応して、データの欠落を生じることなく、かつ再生時に読み取りエラーを生じることなく、信号光および参照光の広がりを制限して、記録領域の微小化を行う必要がある。

【0011】そこで、この発明は、二値の2次元デジタルデータを光記録媒体中にホログラムとして記録する場合に、2次元デジタルデータに対応して、データの欠落や再生時の読み取りエラーを生じることなく、信号光および参照光の広がりを十分に制限することができ、記録領域を十分に微小化することができるようにしたものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明の光記録方法では、二値の2次元デジタルデータ画像の信号光をレンズによってフーリエ変換した後の光と、参照光とを、光記録媒体の前方に配置した遮光体の一部に形成した、前記信号光のフーリエ変換像に対応した所定の形状および大きさの光透過部を透過させて、前記光記録媒体に照射して、前記光記録媒体中に所定の形状および大きさのホログラムを記録する。

【0013】

【作用】上記の方法による、この発明の光記録方法では、フーリエ変換後の信号光と参照光とが、信号光のフーリエ変換像に対応した所定の形状および大きさの光透過部を透過して、光記録媒体に照射される。したがって、2次元デジタルデータに対応して、データの欠落や再生時の読み取りエラーを生じることなく、信号光および参照光の広がりを十分に制限することができ、記録領域を十分に微小化することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】ホログラムとして記録するデータページを、例えば、図1のような画像とする。図中の白い部分がデータ“1”を表し、黒い部分がデータ“0”を表すようにすることによって、二値の2次元デジタルデータをページごとに記録することができる。この場合、d×dの一画素の大きさが、1ビットデータに対応する。

【0015】このようなデータ画像をホログラムとして記録する場合、記録密度を向上させるために、またはホログラムにシフトインバリエントな特性を持たせるため

に、レンズによってデータ画像のフランクフォーファ回折像を記録する。これは、図1に示したようなデータ画像の振幅分布のフーリエ変換に比例することから、フーリエ変換ホログラムと呼ばれる。図2に、図1のデータ画像のフーリエ変換像を示す。これは、上記の式(2)から求めることができる。

【0016】デジタルデータを高密度に記録するには、図1に示したようなデータ画像の一画素の面積を小さくして、すなわち d の値を小さくして、1ページ内に、より多くのビットデータを詰め込むことが要求される。これによって、高密度の記録に加えて、高速の記録再生を実現することができる。

【0017】しかし、一画素の面積を小さくすると、光記録媒体上で、信号光のデータ画像のフーリエ変換像が、式(2)に従って広がってしまう。これは、信号光のデータ画像が細かくなると、すなわち d の値が小さくなると、 $1/d$ に比例する空間周波数 ωx が大きくなることによる。このフーリエ変換像の広がり、高密度記録の妨げとなる。

【0018】これを回避する方法としては、信号光の波長 λ を小さくする方法、または焦点距離 f の短いレンズを用いて信号光のフーリエ変換像を形成する方法などが考えられる。しかしながら、光源の波長 λ を短くし、またはレンズの焦点距離 f を短くすることによって、フーリエ変換像を小さくしても、原理的にフーリエ変換像は、その焦点面で無限の広がりを有するため、記録領域の微小化には十分でない。

【0019】そこで、この発明では、図1に示したようなデータ画像をホログラムとして記録する場合に、図2に示したようなフーリエ変換像の、データ再生に必要最小限のフーリエ変換成分のみを、遮光体の一部に形成した光透過部によって取り出して記録する。

【0020】図2に示したフーリエ変換像の x 軸方向の広がり、図1に示したデータ画像の x 軸方向の空間周波数 ωx に対応し、 x 軸方向についてみると、フーリエ変換像は、0次光($\omega x = 0$)を中心にプラス方向およびマイナス方向に对称に広がっている。 y 軸方向についても、同様である。このように空間周波数はプラスとマイナスの値を有するが、信号光のデータ画像を再生するには、いずれか一方の符号成分があればよい。したがって、例えば、0次光を含むプラス成分のみを光透過部によって取り出して記録することによって、記録領域を小さくすることができる。

【0021】さらに、信号光のフーリエ変換像は、信号光の画素ピッチに由来する空間周波数成分を多く含むことから、高調波成分をカットしても、信号光をエラー無く再生することができる。これについて説明すると、画像データの空間周波数が始めから適当に正規化された値をとれば、図2に示したフランクフォーファ回折像は、信号光のフーリエ変換像そのものとなるため、式(2)の

k は1となって、フランクフォーファ回折像の広がりは、

$$\xi = \lambda f \omega x \quad \dots (3)$$

で表される。

【0022】具体的な数値例を代入して回折像の広がりを試算すると、例えば、波長 λ が500nm、焦点距離 f が10cm、空間周波数 ωx が25本/mm(40 $\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ の画素に対応)の場合、回折像の広がりは、1.25mmとなり、プラス成分とマイナス成分を合わせると、2.5mmとなる。さらに、図2に示すように、回折像は、1.25mmの間隔で、不連続かつ周期的なパターンとなる。

【0023】以上から、この発明の光記録方法の好ましい実施形態では、遮光体の光透過部は、信号光のフーリエ変換像の、0次光からの広がりが、

$$0 \leq \xi \leq n f \lambda / d \quad \dots (4)$$

で規定されるフーリエ変換成分のみを透過させる形状および大きさとする。ただし、 n は1、2または3である。

【0024】すなわち、この発明の光記録方法の好ましい実施形態では、信号光のフーリエ変換像の、0次および1次の、または0次から2次までの、または0次から3次までの成分のみを、遮光体の光透過部によって取り出して記録する。より望ましくは、 $n=2$ として、フーリエ変換像の0次から2次までの成分のみを、光透過部によって取り出して記録する。

【0025】フーリエ変換像の0次の成分のみを記録すれば、記録領域を最も微小化することができるが、それでは、データの欠落を生じて、信号光のデータ画像を読み出すことができなくなる。データの欠落を生じないためには、フーリエ変換像の少なくとも0次および1次の成分を記録する必要がある。

【0026】逆に、フーリエ変換像の4次、5次というような高次の成分まで記録すれば、信号光のデータ画像を高い S/N で読み出すことができるが、それでは、記録領域を十分に微小化することができず、記録容量を十分に増大させることができない。實際上、フーリエ変換像の1次の成分まで記録すれば、再生時、読み取りエラーをほとんど生じない。さらに、2次または3次の成分まで記録すれば、信号光のデータ画像を十分に高い S/N で読み出すことができる。

【0027】したがって、信号光のフーリエ変換像の、0次および1次の、または0次から2次までの、または0次から3次までの成分のみを、光透過部によって取り出して記録することによって、データの欠落や再生時の読み取りエラーを生じることなく、記録領域を十分に微小化することができる。特に、フーリエ変換像の0次から2次までの成分のみを、光透過部によって取り出して記録することによって、記録領域の微小化と再生時の高 S/N 化の両方を満足させることができる。

【0028】図3(A)～(D)は、それぞれ、この発明の光記録方法に用いる遮光体の一例を示す。同図

(A)は、遮光体20の光透過部21を、半径aの円形とし、信号光のフーリエ変換像の、0次の成分と、各軸方向につきプラス方向およびマイナス方向の、1次および2次の成分とを、透過させるものとした場合である。

【0029】同図(B)は、光透過部21を、半径aの半円形とし、信号光のフーリエ変換像の、0次の成分と、y軸方向についてはプラス方向およびマイナス方向の、その他の軸方向についてはプラス方向の、1次および2次の成分とを、透過させるものとした場合である。

【0030】同図(C)は、光透過部21を、半径aの扇形(四半円形)とし、信号光のフーリエ変換像の、0次の成分と、x軸方向およびy軸方向のそれぞれにつきプラス方向、およびX軸プラス方向とY軸プラス方向との間の方向の、1次および2次の成分とを、透過させるものとした場合である。

【0031】同図(D)は、光透過部21を、一辺の長さがaで、幅が $a/3$ 以下のL形とし、信号光のフーリエ変換像の、0次の成分と、x軸方向およびy軸方向のそれぞれにつきプラス方向の、1次および2次の成分とを、透過させるものとした場合である。

【0032】図4は、この発明の光記録方法および光記録装置の一実施形態を示す。上述した遮光体20は、光記録媒体5の前方に配置する。光源6からのコヒーレント光を、ビームスプリッタ12で2つの光に分け、記録時にはシャッタ15を開けて、ビームスプリッタ12を透過した光を、レンズ10a、10bによって口径の広い平行光にして、空間光変調器4に入射させる。

【0033】図では省略したコンピュータによって、空間光変調器4には、図1に示したような二値の2次元デジタルデータ画像を表示する。これによって、空間光変調器4を通過した光は、データ画像の各画素の二値データに応じて強度変調されて、図1に示したようなデータ画像の情報を有する信号光1となる。

【0034】この信号光1を、レンズ7によってフーリエ変換し、遮光体20の上述した光透過部を透過させて、光記録媒体5に照射する。

【0035】同時に、ビームスプリッタ12で反射した光を、参照光2として、ミラー13および14で反射させ、遮光体20の光透過部を透過させて、光記録媒体5のフーリエ変換後の信号光1が照射される領域に照射する。これによって、光記録媒体5中でフーリエ変換後の信号光1と参照光2とが干渉して、光記録媒体5中にフーリエ変換ホログラムが記録される。

【0036】読み出し時には、シャッタ15を閉じて信号光1を遮断し、記録時に用いた参照光2と同じ光を読み出し光として、遮光体20の光透過部を透過させて、光記録媒体5のホログラムが記録されている領域に照射する。照射された読み出し光2は、ホログラムによって

回折される。

【0037】その回折光3を、レンズ8によって逆フーリエ変換して、CCDなどの光検出器9上に結像させ、信号光1の画像データを読み取る。

【0038】〔実施例〕上述した方法で、実際に記録再生を試みた。光記録媒体5としては、ホログラムを記録できるものであれば、どのようなものでもよいが、ここでは、図5に示す化学式で表される、側鎖にシアノアゾベンゼンを有するポリエステルを用いた。この材料は、特願平10-32834号に詳細に記載されているように、側鎖のシアノアゾベンゼンの光異性化による光誘起異方性(光誘起複屈折性、光誘起2色性)によって、ホログラムの記録、再生、消去が可能である。

【0039】データ画像の記録には、図4に示した光記録装置を用いた。光源6には、光記録媒体5としての、側鎖にシアノアゾベンゼンを有するポリエステルに感度のあるアルゴンイオンレーザの発振線515nmを使用した。

【0040】空間光変調器4には、一画素の大きさが $40\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ で 640×480 画素のプロジェクタ用液晶パネル1.3型を用いた。一画素を1ビットとして、図1に示したチェスボードパターンをコンピュータで作成して、空間光変調器4に入力した。したがって、信号光1のデータ画像は、 $d = 40\mu\text{m}$ のピッチに対応する空間周波数成分を有することになる。

【0041】信号光1をフーリエ変換するレンズ7としては、焦点距離fが55mmと100mmの2種類のものを用いた。これによって、レンズ7の焦点距離fの違いによるフーリエ変換像の広がり性を評価した。

【0042】遮光体20の光透過部としては、図3(A)に示した半径aが0.63mmと1mmの円形のもの、同図(B)に示した半径aが0.7mmと1.1mmの半円形のもの、同図(C)に示した半径aが0.75mmと1.25mmの扇形のもの、同図(D)に示した一辺aが1.4mmと2.6mmのL形のものを、を用いた。

【0043】これらの光透過部によって、それぞれ、信号光1のフーリエ変換像の所定成分のみを取り出して、光記録媒体5中にフーリエ変換ホログラムを記録した。このとき、フーリエ変換像と光透過部とは、図6(A)～(D)に示すような位置関係とした。図2および図3とは逆に、フーリエ変換像の各成分を白塗りで示し、光透過部21を黒塗りで示す。

【0044】図4に示した光読み取り装置によって、上記のように記録したホログラムからデータを読み出すことを試みた。光源6には、記録時と同じアルゴンイオンレーザの発振線515nmを用いた。シャッタ15を閉じて信号光1を遮断し、参照光2と同じ光を読み出し光として光記録媒体5に照射した。

【0045】その結果、レンズ7として焦点距離100

mmのものをを用いた場合には、半径 a が1mmの円形、半径 a が1.1mmの半円形、半径 a が1.25mmの扇形、一辺 a が2.6mmのL形の、それぞれの光透過部によって信号光1のフーリエ変換像の所定成分のみを取り出して、ホログラムを記録したときには、読み取り時、回折光3として、信号光1と同じチェスボードパターンが鮮明に再生された。

【0046】また、レンズ7として焦点距離55mmのものをを用いた場合には、半径 a が0.63mmの円形、半径 a が0.7mmの半円形、半径 a が0.75mmの扇形、一辺 a が1.4mmのL形の、それぞれの光透過部によって信号光1のフーリエ変換像の所定成分のみを取り出して、ホログラムを記録したときには、読み取り時、回折光3として、信号光1と同じチェスボードパターンが鮮明に再生された。

【0047】これらの結果を図7に示す。同図の横軸は、レンズ7の焦点距離 f を示し、縦軸は、光透過部の半径（一辺） a を示す。図中の網かけ部分は、レンズ7の焦点距離 f に対する、信号光1のフーリエ変換像の0次から2次までの成分のみを透過させる光透過部の半径（一辺） a の領域を示す。ただし、この場合、 $d = 40 \mu\text{m}$ である。

【0048】この結果から、信号光のフーリエ変換像の0次から2次までの成分のみを、光透過部によって取り出して記録することによって、データの欠落および再生時の読み取りエラーを生じることなく、記録領域を十分に微小化できることがわかる。

【0049】

【発明の効果】上述したように、この発明の光記録方法および光記録装置によれば、二値の2次元デジタルデータを光記録媒体中にホログラムとして記録する場合に、2次元デジタルデータに対応して、データの欠落や再生時の読み取りエラーを生じることなく、信号光および参照光の広がり方を十分に制限することができ、記録領域を十分に微小化することができる。したがって、この発明*

*の光記録方法を、シフト多重記録、角度多重記録、波長多重記録などのホログラム多重記録方式と組み合わせることによって、大容量のデジタルホログラムメモリシステムを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明で記録する信号光の一例を示す図である。

【図2】図1の信号光のフーリエ変換像を示す図である。

【図3】この発明で用いる遮光体の光透過部の一例を示す図である。

【図4】この発明の光記録方法および光記録装置の一実施形態を示す図である。

【図5】この発明で用いる光記録媒体の材料の一例の化学式を示す図である。

【図6】実施例におけるフーリエ変換像と光透過部との位置関係を示す図である。

【図7】実施例におけるフーリエ変換用のレンズの焦点距離と光透過部の半径との関係を示す図である。

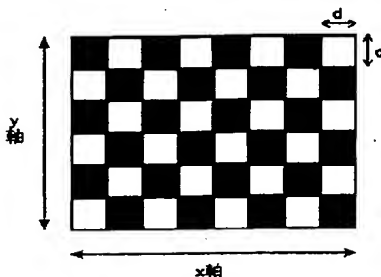
【図8】シフト多重記録方式を説明するための図である。

【図9】従来の光記録方法を説明するための図である。

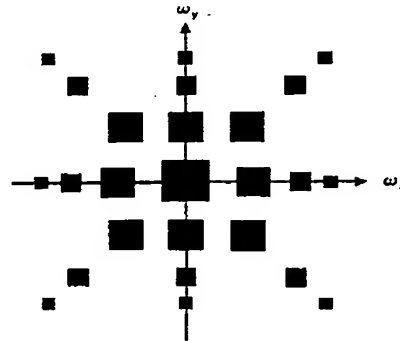
【符号の説明】

- 1…信号光
- 2…参照光（読み出し光）
- 3…回折光
- 4…空間光変調器
- 5…光記録媒体
- 6…光源
- 7…レンズ
- 9…光検出器
- 12…ビームスプリッタ
- 15…シュッタ
- 20…遮光体
- 21…光透過部

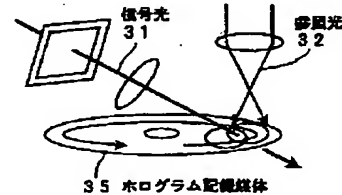
【図1】



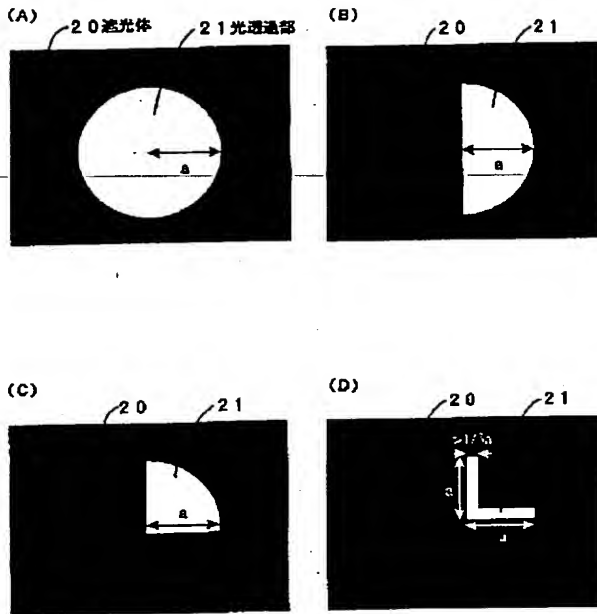
【図2】



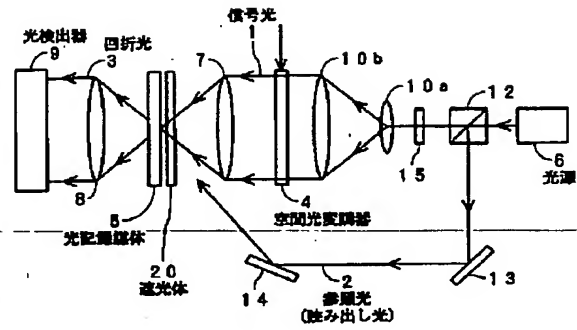
【図8】



【図3】

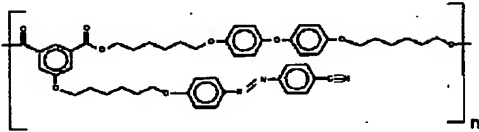


【図4】

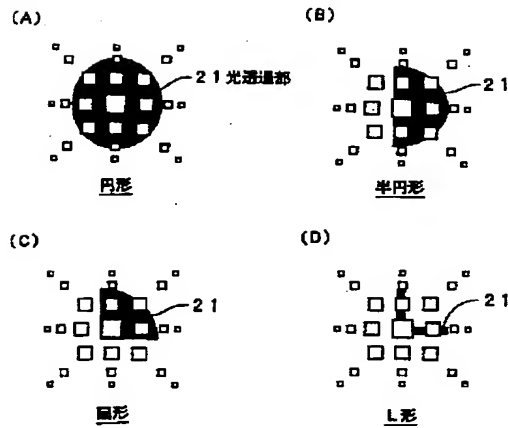


【図5】

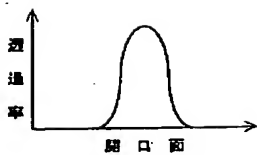
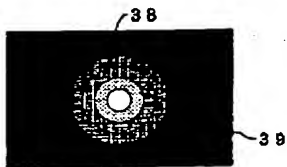
側鎖にシアノアゾベンゼンを有するポリエステル



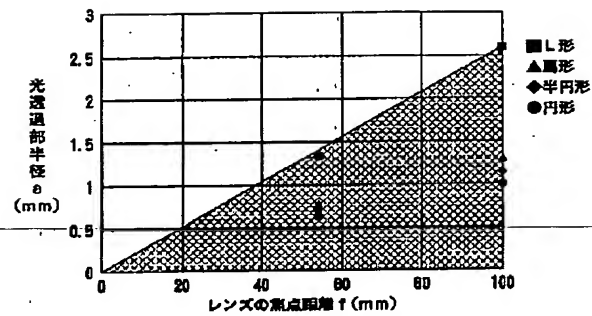
【図6】



【図9】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 石井 努
 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
 テクナカイ富士ゼロックス株式会社内
 (72)発明者 新津 岳洋
 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
 テクナカイ富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 馬場 和夫
 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
 テクナカイ富士ゼロックス株式会社内
 F ターム(参考) 2K008 AA04 BB04 BB06 CC01 CC03
 FF21 HH25 HH26